



Effekter av slutavverkning och markberedning på marklavar i svenska skogar

- En studie av skillnader i täckningsgrad av marklavar före och efter slutavverkning med och utan markberedning

Effects of final felling and soil scarification on terrestrial lichens in Swedish forests

- *A study of differences in coverage area of terrestrial lichens before and after final felling with and without soil scarification*

Alice Falk och Maja Östlund

Kandidatarbete • (15 hp)
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Jägmästarprogrammet
Umeå 2020



Effekter av slutavverkning och markberedning på marklavar i svenska skogar

- En studie av skillnader i täckningsgrad av marklavar före och efter slutavverkning med och utan markberedning

Effects of final felling and soil scarification on terrestrial lichens in Swedish forests

- *A study of differences in coverage area of terrestrial lichens before and after final felling with and without soil scarification*

Alice Falk och Maja Östlund

Handledare: Jörgen Sjögren, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö

Examinator: Tommy Mörling, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX09111

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Maja Östlund

Serietitel: Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Delnummer i serien: 2020:12

Nyckelord: skogsbruksåtgärder, bottenskikt, *Cladina*, *Cladonia*

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Bruket av den svenska skogen har intensifierats under det senaste århundradet vilket har lett till en ökning av störningar i skogsekosystemen. Variationen i markvegetationens arter och dess sammansättning är en viktig del av den biologiska mångfalden i skogsekosystemen. Markvegetationen utgör även habitat och föda för många andra skogslevande arter. Både naturliga störningar och antropogena störningar i form av skogsbruksåtgärder påverkar markvegetationen i boreala skogar. Vanliga skogsbruksåtgärder på svensk produktiv skogsmark är slutavverkning i form av kalavverkning samt markberedning. Båda skogsbruksåtgärder påverkar förekomst och sammansättning av arter i botten- och fältskiktet.

Den här studien syftade till att undersöka huruvida slutavverkning och markberedning påverkar täckningsgraden av marklavar i produktiva skogar i Sverige. Riksskogstaxeringens permanenta provytor låg till grund för studien. Studien genomfördes genom att, på 556 provytor, fastställa skillnader i täckningsgrad av marklavar vid två inventeringstillfällen med tio års mellanrum, där provytorna behandlats med slutavverkning *utan* efterföljande markberedning alternativt med slutavverkning *med* efterföljande markberedning. De lavar som studerades var uppdelade i grupperna; renlavar (*Cladina* spp.), tratt- och bägarlavar (*Cladonia* spp.) samt resterande lavar.

Denna studie visade en statistiskt signifikant lägre täckningsgrad av resterande lavar med behandling slutavverkning *med* efterföljande markberedning. Däremot visades ingen statistiskt signifikant skillnad i täckningsgrad mellan de två olika behandlingarna för varken renlavar eller tratt- och bägarlavar. Studien visade att täckningsgraden av tratt- och bägarlavar samt resterande lavar hade minskat av enbart slutavverkning. Studien visade inte att täckningsgraden av renlavar hade minskat av enbart slutavverkning. Resultaten i denna studie skiljer sig något från resultat i tidigare gjorda studier.

Nyckelord: skogsbruksåtgärder, bottenskikt, *Cladina*, *Cladonia*

Abstract

The utilization of the Swedish forests has intensified during the past century which has led to an increase in disturbances of the forest ecosystems. The variation of species and their composition in the ground vegetation is an important part of the biodiversity in the forest ecosystems. The ground vegetation also works as habitat and food source for many other forest living species. Both natural disturbances and anthropogenic disturbances like silvicultural measures affects the ground vegetation in the boreal forests. Common silvicultural measures in the productive forests in Sweden are final felling and soil scarification. These measures both affect

the presence and composition of the species in the bottom layer and field layer of the ground vegetation.

This study aimed to investigate whether final felling and soil scarification affects the coverage area of terrestrial lichens in productive forests in Sweden. The permanent sample plots of the Swedish National Forest Inventory were the basis for the examination. The study was performed by, on 556 sample plots, determining differences in coverage area of terrestrial lichens between two inventory occasions executed ten years apart, where the sample plots had been treated with final felling *without* a following soil scarification and final felling *with* a following soil scarification. The studied lichens were divided into the groups; reindeer lichens (*Cladina* spp.), cup lichens (*Cladonia* spp.) and remaining lichens.

This study showed a statistically significant lower coverage area of remaining lichens with the treatment final felling *with* a following soil scarification. However, it showed no statistically significant difference in the coverage area between the two treatments for reindeer lichens nor cup lichens. The study showed that the coverage area of cup lichens and remaining lichens had decreased from final felling solely. The study did not show a decrease in the coverage area of reindeer lichens from the final felling. The results in this study differs slightly from results in previous studies.

Keywords: silvicultural measures, bottom layer, *Cladina*, *Cladonia*

Förord

Detta är ett kandidatarbete i skogsvetenskap omfattande 15 högskolepoäng som skrivs under tredje året på Jägmästarprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet ger oss som studenter en möjlighet att fördjupa oss inom ett ämne som intresserar oss och en möjlighet att självständigt planera och genomföra ett arbete inom valt ämne. Då vi båda finner det intressant vad skogsbruksåtgärder får för ekologiska konsekvenser valde vi att fördjupa oss i hur slutavverkning och markberedning kan påverka täckningsgraden av marklavar på svensk produktiv skogsmark.

Vi vill rikta ett varmt tack till vår handledare Jörgen Sjögren, forskare vid institutionen för vilt, fisk och miljö, som varit till stor hjälp under hela arbetets gång och alltid haft bra svar på alla våra frågor som dykt upp. Vi vill även rikta ett tack till Jonas Dahlgren, analytiker på Riksskogstaxeringen, som tagit fram datamaterial och varit till hjälp under databearbetningsprocessen, samt till Hilda Edlund, konsulent vid avdelningen för skoglig resursanalys, som varit till hjälp med statistiken. Slutligen vill vi även tacka Riksskogstaxeringens fältpersonal för inventering och insamling av det datamaterial vi använt oss av.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning	10
1. INLEDNING	11
1.1. Bakgrund	12
1.2. Syfte och hypotes	16
2. MATERIAL OCH METOD	17
2.1. Datainsamling	17
2.2. Databearbetning	18
2.3. Statistisk analys	18
3. RESULTAT	20
3.1. Deskriptiv statistik	20
3.2. Statistisk analys	23
4. DISKUSSION	27
4.1. Utvärdering av resultat	28
4.2. Jämförelse med tidigare studier	28
4.3. Framtida studier	29
4.4. Slutsats	30
5. REFERENSER	32

Tabellförteckning

Tabell 1. Resultat av Wilcoxon Mann Whitney-tester på skillnader i täckningsgrad mellan de två behandlingsgrupperna	25
Tabell 2. Resultat av Wilcoxon Mann Whitney-tester på skillnader i täckningsgrad vid behandling slutavverkning vid inventerngstillfälle 1 och 2	26

Figurförteckning

Figur 1. Låddiagram över täckningsgraden av renlavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2	21
Figur 2. Låddiagram över täckningsgraden av tratt- och bägarlavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2	22
Figur 3. Låddiagram över täckningsgraden av resterande lavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2	23

1. INLEDNING

Sverige präglas på många sätt av skog och skogsbruk, eftersom två tredjedelar av landytan täcks av skog. Den största delen av skogsarealen klassas som produktiv skogsmark (SLU 2019a). Den vanligaste skogsbruksmetoden på produktiv skogsmark i Sverige är trakthyggesbruk som i slutet av en omloppstid innebär slutavverkning (Albrektson m.fl. 2012). Slutavverkning innebär vanligen kalavverkning som följs av markberedning. Det finns olika typer av markberedningsmetoder och den vanligaste metoden i Sverige är kontinuerlig markberedning med harv (Albrektson m.fl. 2012). Gemensamt för alla markberedningsmetoder är dess huvudsakliga syfte - att åstadkomma en gynnsam grobädd för frön och en gynnsam växtplats för plantor. Konkurrensen från markvegetation minskar vilket är en positiv följd för frön och plantor, men det innebär en omfattande störning för arterna i markvegetationen (Albrektson m.fl. 2012; Eriksson & Raunistola 1990).

Brukandet, och därmed hur stora störningarna får vara på den produktiva skogsmarken, regleras av den svenska skogsvårdslagen. Riksdagen beslutade år 1993 att likställa två mål i den svenska skogsvårdslagen - produktionsmålet och miljömålet, vilket innebär att skogsbruket ska sträva efter att bedrivas så att båda målen uppfylls i lika stor omfattning. Det som berörs i miljömålet är att säkra biologisk mångfald, att växt- och djurarter ska ha möjlighet att fortleva i livskraftiga bestånd under naturliga betingelser och att hotade arter och miljöer ska skyddas. Samtidigt ska sociala värden, estetiska värden och kulturmiljövärden värnas (Skogsvårdslagen 1993). Fler mål som rör skogsbruket har beslutats av riksdagen senare. Ett exempel på ett annat mål som riksdagen beslutat om i Sverige är *Levande skogar* som är ett av 16 miljö kvalitetsmål. *Levande skogar* innebär bland annat att skogens ekosystemtjänster ska vidmakthållas, att en biologisk mångfald ska bevaras och att skogsmarkens olika processer ska bibehållas (Skogsstyrelsen 2019).

Skogens ekosystemtjänster, den biologiska mångfalden och skogsmarkens processer påverkas av både naturliga och antropogena störningar. Naturliga störningar har de senaste hundra åren i större utsträckning ersatts av antropogena störningar (Kivinen m.fl. 2010). Skogsbrand är ett exempel på en tidigare vanligt

förekommande naturlig störning med inverkan på successionen och artsammansättningen i markvegetationen, men som under de senaste hundra åren blivit mer sällan förekommande (Nilsson & Wardle 2005). Förekomst av antropogena störningar som slutavverkning och markberedning har i sin tur ökat och påverkar även de såväl successionen som artsammansättningen och därigenom även den biologiska mångfalden i markvegetationen i skogen. Högre biologisk mångfald leder till högre stabilitet i ett ekosystem (De Grandpre & Bergeron 1997). Stabilitet innebär bland annat resistans, det vill säga till vilken grad ett ekosystem behåller sin jämvikt vid en störning, men även resiliens, där tiden för återställning till rådande förhållande innan en störning uppskattas (De Grandpre & Bergeron 1997). Antropogena störningar i form av skogsbruksåtgärder, skulle kunna innebära att den biologiska mångfalden i skogsekosystemet sjunker och att skogsekosystemet således förlorar sin förmåga att generera ekosystemtjänster. Om det inte längre är möjligt för skogsekosystemet att generera ekosystemtjänster uppfylls inte miljö kvalitetsmålet *Levande skogar* fullt ut. Att bibehålla den biologiska mångfalden i skogen och markvegetationen är därför av hög prioritet för ett varierat skogslandskap och ett funktionellt skogsekosystem.

1.1. Bakgrund

Markvegetationen brukar delas upp i ett bottenskikt och ett fältskikt. Till bottenskiktet räknas arter av mossor och lavar och till fältskiktet räknas risväxter, lågörter och högörter (SLU 2019b). Många av arterna i både botten- och fältskiktet klassas som nyckelarter, exempelvis blåbär (*Vaccinium myrtillus* L.) och renlavar. Nyckelarternas förekomst är central för flera andra skogslevande arters överlevnad (Hedwall 2013). Arterna i botten- och fältskiktet påverkar det boreala skogsekosystemet i stort på både kort och lång sikt. På kort sikt påverkas föryngring av skogsplantor och på längre sikt påverkas markprocesser, exempelvis näringsomsättning, nedbrytning och lagring av näringsämnen (Nilsson & Wardle 2005). Skogsplantor som växer i ett tjockare lager väggmossa (*Pleurozium schreberi* Schreb.) eller husmossa (*Hylocomium splendens* Schimp.) etablerar sig generellt sämre och tillväxten hämmas (Steijlen m.fl. 1995). Att tillväxten hämmas kan förklaras av att mossor, trots sin förmåga att binda fukt, har en negativ inverkan eftersom de är mer effektiva än skogsplantor i sitt upptag av tillfört kväve och hindrar således kvävet att nå skogsplantorna (Nilsson & Wardle 2005; Zackrisson m.fl. 1999). Renlavar visar däremot en positiv effekt på skogsplantor. Överlevnad och etablering av skogsplantor är högre på mark med renlavar än på mark dominerat av *Ericaceae*-arter eller vägg- och husmossa (Steijlen m.fl. 1995).

Botten- och fältskiktet har en betydande roll i såväl kolbalansen som näringscykeln i boreala skogar vilket har uppskattats i tidigare studier med hjälp av mätning av fotosynteshastighet och koldioxidutbyte. Botten- och fältskiktet svarar tillsammans för cirka 13% av den årliga fotosyntetiska bruttoproduktionen i hela ekosystemet och bidrar med 21-29% av ekosystemets totala årliga biomassaproduktion. Av den totala omsättningen av biomassa och näringsämnen sker 34-43% i botten- och fältskiktet, jämfört med 2-5% av omsättningen som sker i träden (Kolari m.fl. 2006). Trots att botten- och fältskiktet utgör en mindre del av den totala produktionen av biomassa är det en viktig del i näringstillförseln i boreala ekosystem eftersom det bidrar med näringsrik förna som vid nedbrytning återgår som näring till marken (Nilsson & Wardle 2005). Nedbrytningshastighet och näringsinnehåll skiljer sig mellan botten- och fältskiktsarter (Nilsson & Wardle 2005) vars förekomst påverkas av olika skogsbruksåtgärder (Hedwall m.fl. 2013; Kivinen m.fl. 2010).

Eftersom flera arter i botten- och fältskiktet har en viktig betydelse i skogsekosystem, har både naturliga och antropogena störningars påverkan på arterna tidigare studerats (Berg m.fl. 2008; Bergstedt m.fl. 2008; Eriksson & Raunistola 1990; Horstkotte & Moen 2019; Kivinen m.fl. 2010; Lafleur 2016; Roturier & Bergsten 2006; Sandström m.fl. 2016; Zackrisson 1977). I de boreala och tempererade vegetationszonerna i Sverige syntes i en studie av Hedwall m.fl. (2013) mellan år 1994 och 2010 en minskning av flera fältskiktsarter, bland annat blåbär och smalbladiga gräs som kruståtel (*Deschampsia flexuosa* L.). Särskilt blåbär kan vara känsligt för störning eftersom möjligheten till återhämtning beskrivs som beroende av tid sedan senaste störningstillfälle. Flera skogsbruksåtgärder har generellt visat en negativ inverkan på förekomsten och täckningsgraden av flera arter i botten- och fältskiktet i svenska skogar (Eriksson & Raunistola 1990; Roturier & Bergsten 2006). Förklarande faktorer kan enligt Hedwall m.fl. 2013 bland annat vara att modernt skogsbruk har lett till tätare intervall mellan storskaliga störningar samt högre volym av gran (*Picea abies* L.), högre stamtäthet och generellt lägre ålder på skogen (Berg m.fl. 2008). Att öka andel lövträd och tall (*Pinus sylvestris* L.), öka antalet gallringar och öka beståndsålder är skötselåtgärder som har potential att gynna fältskiktsarterna (Hedwall m.fl. 2013; Sandström m.fl. 2016).

Skogsbrand är en naturlig störning med påverkan på botten- och fältskiktet som i Skandinavien i hög utsträckning ersatts av markberedning, för att skapa en gynnsam grobädd för frön och en gynnsam etableringsmiljö för skogsplantor (Kivinen m.fl. 2010; Zackrisson 1977). Markberedning ger dock inte alltid samma gagn som vad brand skulle ge, eftersom markberedning har lägre effektivitet i att dämpa dominans av arter i botten- och fältskiktet som negativt påverkar skogsplantor, såsom vägg-

och husmossa samt kråkbär (*Empetrum nigrum* L.) (Nilsson & Wardle 2005). Dominans av dessa arter innebär ökad näringskonkurrens och särskilt kråkbär, med sitt höga innehåll av fenoler, bidrar till humus med lågt näringsinnehåll, lägre nedbrytningshastighet och minskad förekomst av mykorrhiza. Detta leder i sin tur till att skogsmarkens produktivitet sjunker (Nilsson & Wardle 2005). Skogsbrand har potential att möjliggöra för renlavar att, istället för mossor och fältskiktstarter, dominera bottenskiktet även i tidig succession (Kivinen m.fl. 2010). Om skogsbrand gynnar eller missgynnar marklavar beror på hur den nuvarande artsammansättningen ser ut. Är skogsmarken av lavtyp gynnas fältskiktsarter, men om skogsmarken är av ristyp gynnas marklavar (Kivinen m.fl. 2010). Förekomst av skogsbrand är således en faktor med hög påverkan på artsammansättning och succession i de boreala skogarna och att ersätta skogsbrand helt med markberedning skulle kunna innebära att skogsmarkens produktivitet sjunker (Nilsson & Wardle 2005; Zackrisson 1977).

Få tidigare studier huruvida markberedning påverkar arterna i botten- och fältskiktet i Sverige har gjorts och de studier som finns visar varierande resultat. I ett försök av Eriksson och Raunistola (1990) undersöktes långtidseffekter på botten- och fältskiktet efter markberedning i norra Sverige. Resultatet visade att abundansen av flera risväxter samt mossor förekommande på frisk mark minskade till följd av markberedningen som utförts elva år tidigare. Pionjärmosser och mossor förekommande på torr mark ökade och lingon (*Vaccinium vitis-idaea* L.) visade ingen effekt av den tidigare markberedningen. Resultat från andra studier i södra Sverige visar en lägre abundans av de flesta arterna i botten- och fältskiktet som följd av utförd markberedning och att de enda arterna med högre abundans efter markberedning var björnmossor (*Polytrichum* spp.) (Bergstedt m.fl. 2008).

I stora områden i Sverige utgör renlavar en stor del av täckningen i bottenskiktet på produktiv skogsmark (Nilsson & Cory 2011; Sandström m.fl. 2016). Renlavar är en viktig resurs för rennäringen eftersom de utgör 50-80% av renars vinterföda (Heggeberget m.fl. 2002). Hur renlavar påverkas av skogsbruksåtgärder har tidigare studerats (Heggeberget m.fl. 2002; Kivinen m.fl. 2010; Sandström m.fl. 2016; Berg m.fl. 2008; Horstkotte & Moen 2019), men få studier har gjorts på markberedningens effekter på renlavar och långtidseffekterna är relativt okända (Kivinen m.fl. 2010). En generell trend som observerats från Riksskogstaxeringens inventering av permanenta och tillfälliga provytor är att det skett en minskning på 71% i täckningsgrad av renlavar över Norrlands renbetesområden mellan år 1953 och 2013 (Sandström m.fl. 2016). En studie av Berg m.fl. (2008) visar att 30-50% av Norrlands vinterbetesområde förlorats som följd av ett intensifierat skogsbruk under det senaste århundradet. En liknande trend syntes i en studie av Horstkotte & Moen (2019) som från Riksskogstaxeringens permanenta provytor över Norrlands

renbetesområde kunde visa att provytor med lavar som dominerande arter i bottenskiktet minskat med 36% över 30 år. Öppna, äldre tallskogar utgör ett viktigt habitat för renlavar och Sandström m.fl. (2016) menar att en minskning av dessa skogar är den viktigaste förklarande faktorn för den minskade mängden renlavar i Norrlands renbetesområde.

Den i Sverige vanligaste formen av slutavverkning är kalavverkning (Lundqvist 2014) vilket på renbetesmarker generellt resulterar i habitatförlust i form av äldre skogar och förändring av habitat då skogen får ny struktur och komposition. Detta innebär förändrade förutsättningar för renlavar men även renars tillgång till dem då det innebär att skogsmarken blir mer fragmenterad och i flera avseenden mindre lämplig för bete (Kivinen m.fl. 2010). Marklavar som renlavar missgynnas dock inte bara av kalavverkning, de kan även gynnas beroende på ursprunglig vegetations- och skogstyp och vilka tillhörande åtgärder som i samband med avverkningen utförs (Kivinen m.fl. 2010). Vid kalavverkning förändras biotiska faktorer som markfuktighet, ljusinstrålning och temperatur (Magnusson 2015) vilket på torrare marktyper generellt missgynnar kärlväxter som vanligen består av *Ericaceae*-arter. Renlavar kan gynnas vid kalavverkning i och med att det innebär förbättrade ljusförhållanden för markvegetationen, givet att det i samband sker ett avlägsnande av avverkningsrester, som grenar och toppar, och att markberedning inte utförs (Kivinen m.fl. 2010; Roturier & Bergsten 2006). Även resultat från en studie av Horstkotte & Moen (2019) visar att marklavar kan påverkas positivt av kalavverkning i ett längre tidsperspektiv eftersom att det, utöver ett ökat ljusinsläpp, även innebär en minskad konkurrens från mossor och risväxter. De positiva effekterna av kalavverkning på marklavar upprätthålls såvida grundytan förblir låg under hela rotationsperioden samt att skogsbruksåtgärderna utförs på ett skonsamt sätt med minimal störning på marken (Horstkotte & Moen 2019; Lafleur 2016).

Roturier och Bergsten (2006) visar i en studie att även relativt skonsam markberedning, med en påverkan på marktäcket på 28%, leder till en minskning av marklavar. Den i Sverige vanligaste markberedningsmetoden, harvning, kan påverka upp till 60% av markytan och leda till betydligt lägre täckningsgrad av marklavar jämfört med mark som inte markberetts. Detta leder ofta till konflikt över rennäringens och skogsnäringens intressen (Sandström m.fl. 2006). En möjlig markberedningsmetod är att blanda upp det övre markskiktet i en mix av organiskt material, mineraljord och lavfragment vilket har visat på god etablering av skogsplantor samtidigt som metoden visar på betydligt högre grad av återetablering av täckningsgrad av marklavar (Roturier & Bergsten 2006). Återetablering och täckningsgrad av marklavar kan således styras av metod och intensitet av markberedningen vilket kan uppfylla både renskötselns behov vid sitt brukande av skogsmark och skogsbrukets behov av lyckad förnygring.

1.2. Syfte och hypotes

Genom att studera bottenskiktet med datamaterial från Riksskogstaxeringens inventering av permanenta provytor över en längre tidsperiod ges en uppskattning av förändring i täckningsgrad av vanliga arter på slutavverkade samt markberedda eller icke-markberedda ytor. Syftet med denna studie var att undersöka hur slutavverkning *utan* efterföljande markberedning samt slutavverkning *med* efterföljande markberedning påverkar de tre grupperna renlavar, tratt- och bägarlavar samt resterande lavar på svensk produktiv skogsmark. Eftersom tidigare studier generellt visar att arter i bottenskiktet påverkas negativt av skogsbruksåtgärder (Roturier & Bergsten 2006; Eriksson & Raunistola 1990; Kivinen m.fl. 2010; Horstkotte & Moen 2019) formulerades två hypoteser:

1. Täckningsgraden av renlavar, tratt- och bägarlavar samt resterande lavar kommer vara läge vid behandling Slutavverkning *med* efterföljande markberedning jämfört med behandling Slutavverkning *utan* efterföljande markberedning.
2. Täckningsgraden av renlavar, tratt- och bägarlavar samt resterande lavar kommer vara lägre vid andra inventeringstillfället jämfört med första inventeringstillfället med behandling Slutavverkning *utan* efterföljande markberedning.

2. MATERIAL OCH METOD

2.1. Datainsamling

Datamaterialet till denna studie togs från Riksskogstaxeringens permanenta provytor över hela Sverige. Riksskogstaxeringen inventerar varje år cirka 11 000 permanenta och tillfälliga provytor under barmarkssäsongen i Sverige. År 1983 infördes trakter med systematiskt utplacerade permanenta provytor som fortfarande inventeras vart femte år. De systematiskt utplacerade permanenta provytorna infördes för att ge skattningar av förändringar i skogsmarken med större precision. Av de totalt 11 000 provytorna utgör de permanenta provytorna två tredjedelar och lite mer än hälften av dem är placerade på produktiv skogsmark. De permanenta provytorna på produktiv skogsmark är således till nytta för att beskriva nuvarande tillstånd och förändring över tid i Sveriges skogar. De permanenta provytorna har en radie på 10 m vilket innebär att inventerad areal på varje yta är cirka 314,16 m². Inom denna yta avgränsas en mindre provyta med samma provytecenrum men med en radie på 5,64 m, det vill säga en yta på 100 m². Inom denna yta, som kan bli mindre än 100 m² beroende på hur stor del av provytan som består av vegetation, bedöms täckningsgraden av 10 arter/artgrupper i bottenskiktet, 58 arter/artgrupper i fältskiktet samt täckningsgrad av hallon (*Rubus idaeus* L.) i busk- och trädskikt (SLU 2019b).

Första moment är att registrera om och till hur stor del ett täckningsskikt saknas. Där ett täckningsskikt finns registreras förekomst av arter/artgrupper som i nästa moment bedöms på sin täckningsgrad. Täckningsgraden beskrivs som växternas projektion på markytan eller beskuggning av marken växterna skulle ge om de belystes rakt ovanifrån, även benämnt "strikt täckning". Uppskattningen av täckningen görs vid full utvecklingsgrad, det vill säga vid tillfälle under vegetationsperioden då arten har som mest täckning. Täckningsgraden bedöms per art/artgrupp för sig och uttrycks i m²-klasser, men eftersom arterna ibland växer över varandra kan den totala täckningsgraden på en provyta överstiga 100%. På

ytor där täckningsgrad bedöms och fönsterlav eller renlavar förekommer görs även en bedömning av renlavshöjd i 20 centimeterklasser (SLU 2019b).

2.2. Databearbetning

Ett urval om totalt 556 permanenta provytor som inventerats två gånger med tio års mellanrum togs som underlag till denna studie. Kravet på urvalet var att provytorna skulle ligga på produktiv skogsmark och att renlavar, tratt- och bägarlavar och/eller resterande lavar skulle finnas på provytorna vid antingen första, andra eller båda inventeringstillfällena. Kravet på urvalet var också att ungefär hälften av provytorna skulle ha slutavverkats *utan* efterföljande markberedning mellan första och andra inventeringstillfället och att ungefär hälften av provytorna skulle ha slutavverkats *med* efterföljande markberedning mellan första och andra inventeringstillfället. Ingen information om markberedningsmetod fanns att tillgå. Provytorna är fördelade över hela Sverige och trädslagsandel, grundyta, jordart och markfuktighet varierar något mellan provytorna. De 556 provytorna sorterades upp i två behandlingsgrupper; markberedning respektive icke-markberedning. De två behandlingsgrupperna delades sedan upp i två grupper; före behandling samt efter behandling. Provytorna i gruppen före behandling är inventerade mellan åren 1998-2008 och inventerades när skogen var slutavverkningsmogen. Samma provytor, i gruppen efter behandling, inventerades mellan åren 2009-2018 och inventerades när skogen hade slutavverkats *utan* efterföljande markberedning, alternativt slutavverkats *med* efterföljande markberedning. Eftersom markberedning är den vanligaste behandlingsmetoden på produktiv skogsmark efter slutavverkning i Sverige, resulterade det i 336 provytor med behandling markberedning vid andra inventeringstillfället och 220 provytor med behandling icke-markberedning vid andra inventeringstillfället.

Rådatat bearbetades i Microsoft Access 2019 och Microsoft Excel 2019. Microsoft Access 2019 användes för att underlätta bearbetningen av datamaterialet och för att samma provytor skulle kopplas till varandra. Microsoft Excel 2019 användes för att sammanställa deskriptiv statistik av de tre artgrupperna tillsammans med de två behandlingsgrupperna.

2.3. Statistisk analys

Efter bearbetningen av rådatat gjordes statistiska analyser av de tre artgrupperna var för sig i Minitab 18. De statistiska analyserna gjordes dels på differenserna av

täckningsgraden mellan första och andra inventeringstillfället, mellan behandling markberedning samt behandling icke-markberedning, dels på täckningsgraden mellan första och andra inventeringstillfället, på enbart behandling med slutavverkning. Eftersom datamaterialet inte var normalfördelat användes det statistiska icke-parametriska testet Wilcoxon Mann Whitney. Wilcoxon Mann Whitney bygger på medianer istället för medelvärden vilket passar om datamaterialet har många extremvärden. Sex Wilcoxon Mann Whitney-test utfördes och signifikansnivån $\alpha = 0,05$ användes för alla test. För de tre testerna som undersökte skillnaden mellan de två behandlingsmetoderna formulerades en nollhypotes ($H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$) och en alternativhypotes ($H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$) där η_1 = medianen av täckningsgrad i m² av lavar på de markberedda provytorna och η_2 = medianen av täckningsgrad i m² av lavar på de icke markberedda provytorna. För de tre testerna som undersökte bara slutavverkningseffekter, det vill säga skillnaden i täckningsgrad före och efter slutavverkning, formulerades en nollhypotes ($H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$) och en alternativhypotes ($H_1: \eta_1 - \eta_2 > 0$) där η_1 = medianen av täckningsgrad i m² av lavar vid första inventeringstillfället och η_2 = medianen av täckningsgrad i m² av lavar vid andra inventeringstillfället. För varje artgrupp togs medianvärde, kvartilvärden, min- och maxvärden samt justerat W-värde och justerat P-värde ut.

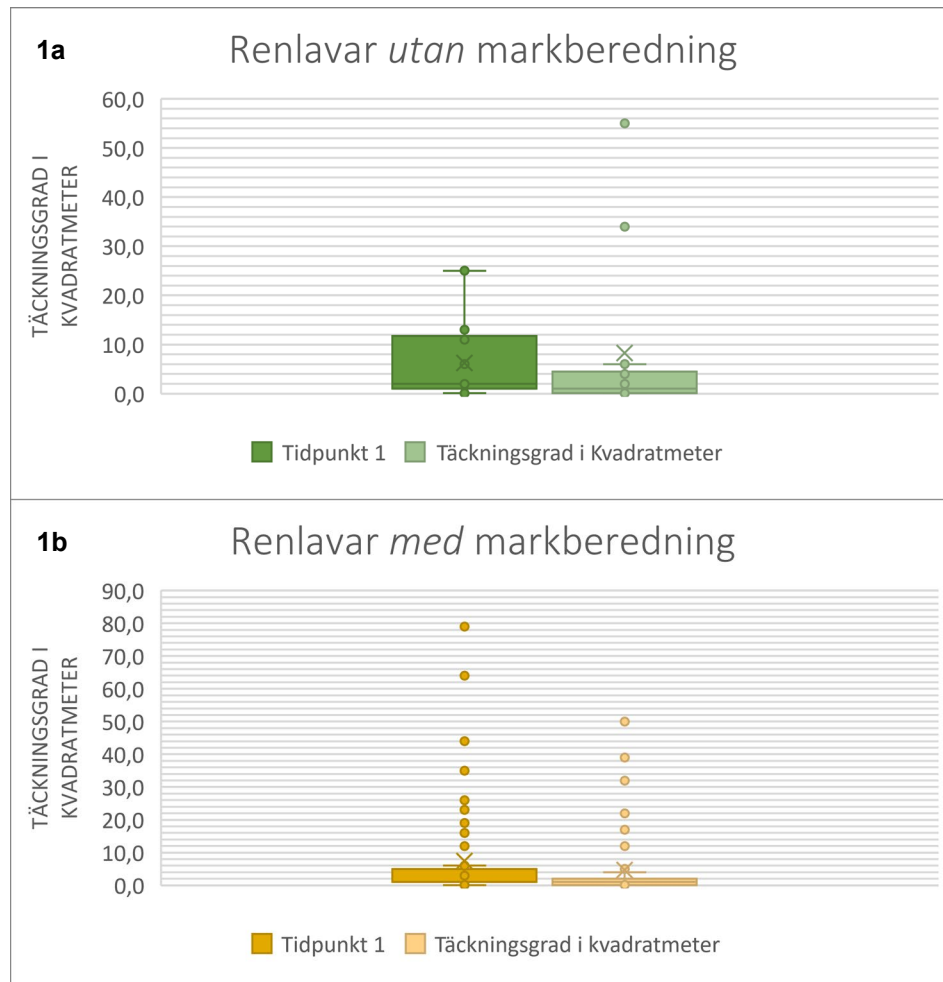
3. RESULTAT

Datamaterialet som visas i figurerna 1, 2 och 3 samt i tabellerna 1 och 2 visar täckningsgraden av de tre olika artgrupperna vid första inventeringstillfället (T1) och andra inventeringstillfället (T2) uttryckt i kvadratmeter per provyta. Som beskrivits under rubriken Datainsamling, beror storleken på inventerad yta på hur stor del av provytan som består av vegetation. Inventerad yta av provytorna i denna studie är mellan 39,23 och 100,00 kvadratmeter och samma provytor har jämförts vid T1 och T2 i respektive behandlingsgrupp. De två behandlingsgrupperna slutavverkning *utan* efterföljande markberedning (Utan MB) och slutavverkning *med* efterföljande markberedning (Med MB) innebär att behandlingen utförts mellan T1 och T2.

3.1. Deskriptiv statistik

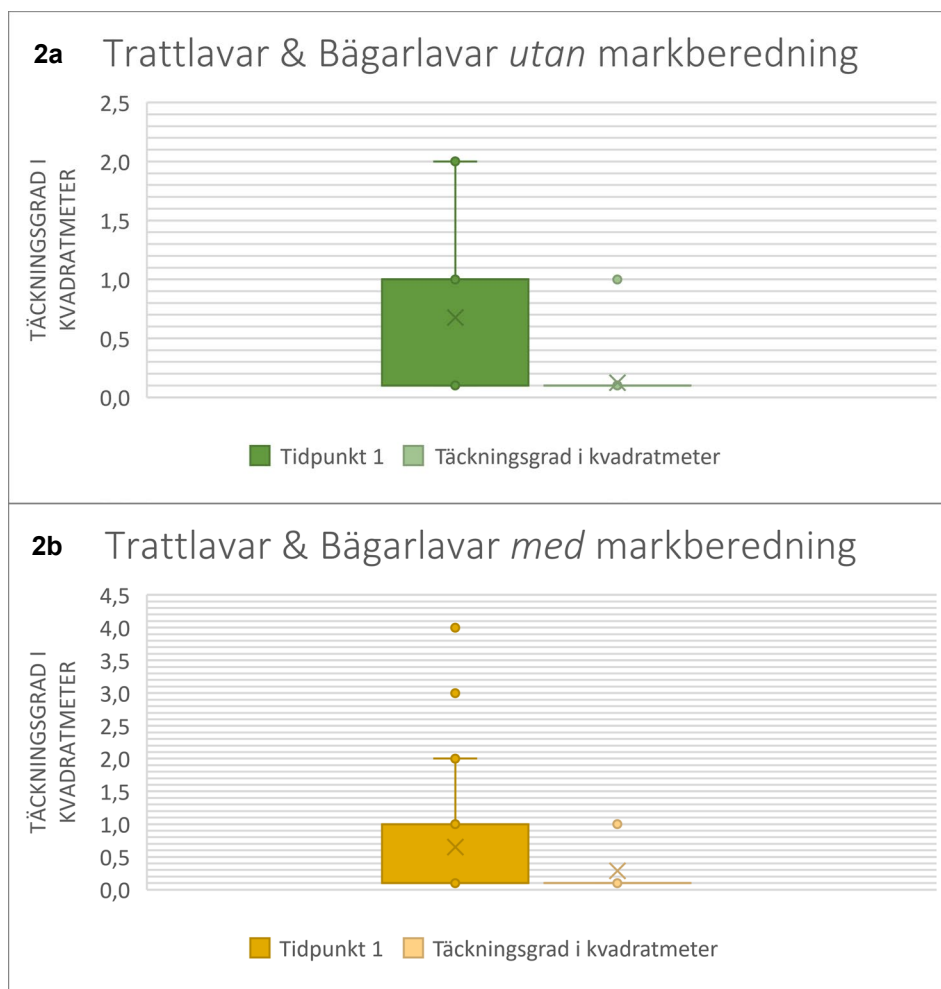
De två låddiagrammen i a och b för respektive figur (1, 2 och 3) visar skillnaden mellan de två behandlingsgrupperna slutavverkning *utan* efterföljande markberedning samt slutavverkning *med* markberedning, vid T1 och T2. Kryssen i varje låddiagram visar medelvärdet av täckningsgraden för varje artgrupp vid både T1 och T2. Renlavar har vid behandling slutavverkning *utan* efterföljande markberedning, figur 1a, medelvärdet 6,26 m² vid T1 och 8,27 m² vid T2 och vid behandling slutavverkning *med* markberedning, figur 1b, medelvärdet 7,43 m² vid T1 och 4,70 m² vid T2. Tratt- och bägarlavar har vid behandling slutavverkning *utan* markberedning, figur 2a, medelvärdet 0,68 m² vid T1 och 0,12 m² vid T2 och vid behandling slutavverkning *med* markberedning, figur 2b, medelvärdet 0,65 m² vid T1 och 0,29 m² vid T2. Resterande lavar har vid behandling slutavverkning *utan* markberedning, figur 3a, medelvärdet 0,79 m² vid T1 och 0,41 m² vid T2 och med behandling slutavverkning *med* markberedning, figur 3b, medelvärdet 0,96 m² vid T1 och 0,60 m² vid T2. Alla figurer utom 1a, det vill säga renlavar med behandling slutavverkning *utan* markberedning, visar således att medelvärdet av täckningsgraden är lägre vid andra inventeringstillfället. Viktigt att poängtera är att låddiagrammen inte är ett resultat av en statistisk analys och de visar således ingen skillnad med statistisk signifikans. Viktigt att poängtera är också att y-axlarna, som visar täckningsgraden uttryckt i kvadratmeter per provyta, i varje figur har olika

skala eftersom de högsta värdena skiljer sig mycket åt. Eftersom skalan skiljer sig i varje figur, kan inte en jämförelse mellan enbart storleken på låddiagrammen göras.



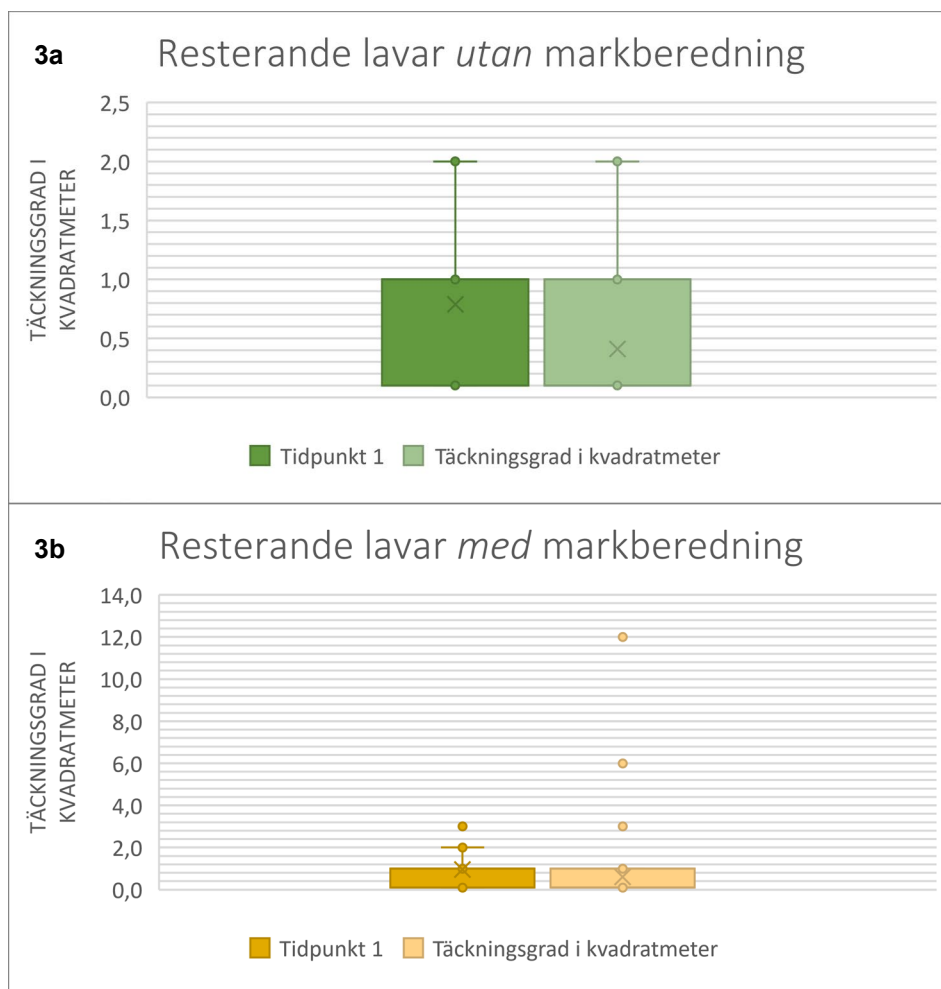
Figur 1. Låddiagram över täckningsgraden av renlavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2. Figur 1a visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsmogen skog samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats utan efterföljande markberedning. Figur 1b visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsmogen skog samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats med efterföljande markberedning.

Figure 1. Boxplots of the coverage area of reindeer lichens expressed in square meters per sample plot at inventory 1 and 2. Figure 1a shows the coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling without soil scarification. Figure 1b shows coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling with soil scarification.



Figur 2. Låddiagram över täckningsgraden av tratt- och bägarlavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2. Figur 2a visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsskogen samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats utan efterföljande markberedning. Figur 2b visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsskogen samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats med efterföljande markberedning.

Figure 2. Boxplots of the coverage area of cup lichens expressed in square meters per sample plot at inventory 1 and 2. Figure 2a shows the coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling without soil scarification. Figure 2b shows coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling with soil scarification.



Figur 3. Låddiagram över täckningsgraden av resterande lavar uttryckt i kvadratmeter per provyta vid inventeringstillfälle 1 och 2. Figur 3a visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsskogen samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats utan efterföljande markberedning. Figur 3b visar täckningsgraden vid inventeringstillfälle 1 som utfördes i slutavverkningsskogen samt täckningsgraden vid inventeringstillfälle 2 som utfördes när skogen hade slutavverkats med efterföljande markberedning.

Figure 3. Boxplots of the coverage area of remaining lichens expressed in square meters per sample plot at inventory 1 and 2. Figure 3a shows the coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling without soil scarification. Figure 3b shows coverage area at inventory 1 which was carried out in harvesting mature forests and the coverage area at inventory 2 which was carried out after final felling with soil scarification.

3.2. Statistisk analys

Tabell 1a, 1b och 1c samt 2a, 2b och 2c visar resultaten av de sex olika testerna som utfördes med det statistiska icke-parametriska testet Wilcoxon Mann Whitney med signifikansnivån $\alpha = 0,05$. Tabellerna visar täckningsgraden av varje artgrupp

för sig (renlavar, tratt- och bägarlavar samt resterande lavar) uttryckt i kvadratmeter per provyta. Tabell 1a, 1b och 1c visar resultaten av täckningsgraden för de tre artgrupperna som analyserats med differenserna mellan första inventeringstillfället (T1) och andra inventeringstillfället (T2) med behandling slutavverkning *utan* efterföljande markberedning (Utan MB) i ena gruppen samt slutavverkning *med* efterföljande markberedning (Med MB) i andra gruppen. De tre tabellerna under Tabell 1 är således en jämförelse av täckningsgraden mellan de två olika behandlingarna. Tabell 2a, 2b och 2c visar resultaten av täckningsgraden för de tre artgrupperna som analyserats mellan T1 och T2 med slutavverkning *utan* markberedning som behandling mellan inventeringstillfällena. De tre tabellerna under Tabell 2 är således en jämförelse av täckningsgraden mellan T1 och T2 för att visa på effekterna av *bara* slutavverkning.

Resultaten i Tabell 1 visar en statistiskt signifikant skillnad mellan de två behandlingsgrupperna för artgruppen resterande lavar ($P = 0,031$). Resultaten visade ingen statistisk signifikant skillnad mellan de två behandlingsgrupperna för artgrupperna renlavar samt tratt- och bägarlavar ($P = 0,200$; $P = 0,440$). Eftersom testen i Tabell 1 hade alternativhypotesen $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$ där η_1 = medianen av täckningsgraden med behandling slutavverkning *med* markberedning och η_2 = medianen av täckningsgraden med behandling slutavverkning *utan* markberedning, är slutsatsen att det finns en signifikant skillnad i täckningsgrad av artgruppen resterande lavar med de två olika behandlingarna.

Resultaten i Tabell 2 visar att det finns en statistiskt signifikant skillnad i täckningsgrad av både tratt- och bägarlavar samt resterande lavar mellan T1 och T2 ($P = 0,000$; $P = 0,001$). Resultaten visade att det inte finns någon statistisk signifikant skillnad i täckningsgrad av renlavar mellan T1 och T2 ($P = 0,079$). Eftersom testen i Tabell 2 hade alternativhypotesen $H_1: \eta_1 - \eta_2 > 0$ där η_1 = medianen av täckningsgraden vid T1 och η_2 = medianen av täckningsgraden vid T2, är slutsatsen att täckningsgraden för tratt- och bägarlavar samt resterande lavar är lägre vid T2, det vill säga efter behandling slutavverkning *utan* markberedning.

Tabell 1. Resultatet av det statistiska testet Wilcoxon Mann Whitney på differenserna på täckningsgraden av renlavar (**Tabell 1a**), tratt- och bägarlavar (**Tabell 1b**) och resterande lavar (**Tabell 1c**) uttryckt i kvadratmeter per provyta, mellan inventering 1 (T1) och inventering 2 (T2) med slutavverkning utan markberedning (Utan MB) samt med slutavverkning med markberedning (Med MB) som åtgärd mellan inventeringstillfällena. N är antal differenser i de två grupperna, Min-värde och Max-värde är minsta och största värdet, Q1 och Q3 är första och tredje kvartilvärdet och Median är medianen av differenserna i de båda grupperna. W-värde är värdet på teststatistikan justerat för lika värden och P-värde är tillhörande sannolikhet.

Table 1. The result of the statistical test Wilcoxon Mann Whitney on the differences of the coverage area of reindeer lichens (**Table 1a**), cup lichens (**Table 1b**) and remaining lichens (**Table 1c**) expressed in square meters per sample plot, between inventory 1 (T1) and inventory 2 (T2) with final felling without soil scarification (Utan MB) and with final felling with soil scarification (Med MB) as a treatment between the two inventory occasions. N is the number of differences in the two groups, Min-värde and Max-värde are the smallest and largest values, Q1 and Q3 are the first and third quartile values and Median is the median of the differences in the two groups. W-värde is the value of the test statistics adjusted for ties and P-värde is the associated probability.

1a

Renlavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
Differenser T1 - T2 Utan MB	32	-12,00	-1,00	-0,05	0,78	43,00	2006,00	0,200
Differenser T1 - T2 Med MB	80	-32,00	-1,00	-0,90	0,10	16,00		

1b

Trattlavar & Bägarlavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
Differenser T1 - T2 Utan MB	94	-1,90	-0,90	0,10	0,10	0,10	10314,00	0,440
Differenser T1 - T2 Med MB	132	-3,00	-0,10	0,10	0,10	1,00		

1c

Resterande lavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
Differenser T1 - T2 Utan MB	94	-2,00	0,00	0,10	0,10	1,00	11240,00	0,031
Differenser T1 - T2 Med MB	124	-2,90	-0,90	0,10	0,10	12,00		

Tabell 2. Resultatet av det statistiska testet Wilcoxon Mann Whitney på skillnaden i täckningsgraden av renlavar (**Tabell 2a**), tratt- och bägarlavar (**Tabell 2b**) och resterande lavar (**Tabell 2c**) uttryckt i kvadratmeter per provyta, mellan inventering 1 (T1) och inventering 2 (T2) med slutavverkning utan markberedning (Utan MB) som åtgärd mellan inventeringstillfällena. N är antal provytor där given artgrupp förekommer vid T1 respektive T2, Min-värde och Max-värde är minsta och största värdet, Q1 och Q3 är första och tredje kvartilvärdet och Median är medianen av differenserna i de båda grupperna. W-värde är värdet på teststatistikan justerat för lika värden och P-värde är tillhörande sannolikhet.

Table 2. The result of the statistical test Wilcoxon Mann Whitney on the differences of the coverage area of reindeer lichens (**Table 2a**), cup lichens (**Table 2b**) and remaining lichens (**Table 2c**) expressed in square meters per sample plot, between inventory 1 (T1) and inventory 2 (T2) with final felling without soil scarification (Utan MB) as a treatment between the two inventory occasions. N is the number of sample plots where the given group of species is present at T1 and T2, Min-värde and Max-värde are the smallest and largest values, Q1 and Q3 are the first and third quartile values and Median is the median of the differences in the two groups. W-värde is the value of the test statistics adjusted for ties and P-värde is the associated probability.

2a

Renlavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
T1	24	0,10	1,00	2,00	11,75	25,00	684,00	0,079
T2 Utan MB	26	0,10	0,10	1,00	4,50	55,00		

2b

Trattlavar & Bägarlavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
T1	44	0,10	0,10	1,00	1,00	2,00	2608,00	0,000
T2 Utan MB	76	0,10	0,10	0,10	0,10	1,00		

2c

Resterande lavar	N	Min - värde	Q1	Median	Q3	Max - värde	W - värde	P - värde
T1	32	0,10	0,10	1,00	1,00	2,00	2404,00	0,001
T2 Utan MB	88	0,10	0,10	0,10	1,00	2,00		

4. DISKUSSION

Resultatet i denna studie visade en statistisk signifikant skillnad i täckningsgrad mellan de två behandlingsgrupperna slutavverkning *utan* efterföljande markberedning och slutavverkning *med* efterföljande markberedning för artgruppen resterande lavar. Däremot fanns ingen statistisk signifikant skillnad i täckningsgrad mellan de två behandlingsgrupperna för artgrupperna renlavar samt tratt- och bägarlavar. Resultatet i denna studie visade också en statistisk signifikant skillnad i täckningsgrad mellan första och andra inventeringstillfället med behandling enbart slutavverkning för artgrupperna tratt- och bägarlavar samt resterande lavar. Resultatet visade dock ingen statistisk signifikant skillnad i täckningsgrad för artgruppen renlavar. Detta resultat visar att slutavverkning troligtvis har störst påverkan på marklavar och att markberedning i vissa fall för vissa artgrupper kan ha en bidragande negativ effekt.

Hypotesen att alla artgrupper skulle ha lägre täckningsgrad med behandling slutavverkning *med* efterföljande markberedning kunde utifrån resultaten i denna studie inte helt bekräftas, men till viss del, då hypotesen stämmer överens med resultaten om en minskning i täckningsgrad av resterande lavar. Hypotesen att samtliga artgrupper skulle ha lägre täckningsgrad som följd av behandling enbart slutavverkning kunde delvis bekräftas då resultaten visade en minskning i täckningsgrad av både tratt- och bägarlavar och resterande lavar med renlavar som avvikande resultat där ingen minskning syntes. Tidigare studier, bland annat av Sandström m.fl. (2016) och Horstkotte och Moen (2019) har, liksom denna studie, utgått från Riksskogstaxeringens provyteinventering och båda studierna har visat på en generell minskning av marklavar på produktiv skogsmark under 1900-talets senare hälft. Tidigare studier har också visat på en minskning i täckningsgrad av flera arter i bottenskiktet vid olika skogsbruksåtgärder (Eriksson & Raunistola 1990; Kivinen m.fl. 2010; Roturier & Bergsten 2006) och därför var det rimligt att i hypotesen anta att denna studie skulle visa samma trend med både slutavverkning och markberedning.

4.1. Utvärdering av resultat

De avgränsningar som gjordes på underlaget av provytor i denna studie var att de skulle vara placerade på produktiv skogsmark som vid något tillfälle under en tioårsperiod skulle ha behandlats med slutavverkning med eller utan efterföljande markberedning. Inga avgränsningar på landsdel, trädslag, grundyta, marktyp eller markfuktighet gjordes, och alla dessa faktorer påverkar vilka arter som dominerar i bottenskiktet (Hedwall m.fl. 2013; Bergstedt m.fl. 2007; Kivinen m.fl. 2010; Horstkotte & Moen 2019). I datamaterialet förekommer vissa extremvärden som ger stora utslag i resultaten vilket i sin tur kan leda till något missvisande resultat. Datamaterialet som fanns att tillgå med önskade behandlingar och förekomst av artgruppen renlavar var begränsat, vilket innebar att antalet provytor i varje grupp i de statistiska testen blev få. De få ytorna kan ha lett till att resultaten av slutavverkningens och markberedningens effekter på täckningsgraden av renlavar inte blev helt tillförlitliga.

4.2. Jämförelse med tidigare studier

Enligt Kivinen m.fl. 2010 kan bottenskiktet påverkas både negativt och positivt av slutavverkning. I denna studie påverkades artgrupperna tratt- och bägarlavar samt resterande lavar negativt av slutavverkning eftersom täckningsgraden var lägre vid andra inventeringstillfället, efter slutavverkning, jämfört med första inventeringstillfället, innan slutavverkning. Testen i denna studie visade däremot inte att artgruppen renlavar hade påverkats negativt av slutavverkning. Enligt Kivinen m.fl. 2010 kan lavar, bland annat renlavar, påverkas positivt av slutavverkning eftersom det innebär ett ökat ljusinsläpp såvida avverkningsrester avlägsnas efter avverkningen. Ett ökat ljusinsläpp skulle möjligen kunna ha varit anledningen till att denna studie inte visade på några negativa effekter på renlavarna tio år efter avverkningen. Som tidigare nämnts menar även Horstkotte och Moen (2019) att slutavverkning kan påverka täckningsgraden av marklavar positivt eftersom slutavverkning generellt, utöver ett ökat ljusinsläpp, även innebär en minskad konkurrens från mossor och kärlväxter. Den positiva följden av slutavverkning för marklavar beror däremot på efterföljande behandlingar på hygget (Horstkotte & Moen 2019).

Markberedning är som tidigare nämnt en efterföljande behandling på hygget som generellt innebär stora mekaniska skador på marken (Albrektsson m.fl. 2012). Denna studie visade dock att enbart artgruppen resterande lavar påverkades negativt av behandlingen slutavverkning *med* efterföljande markberedning eftersom täckningsgraden för resterande lavar var lägre vid denna behandling jämfört med

behandling slutavverkning *utan* efterföljande markberedning. Varken renlavar eller tratt- och bägarlavar påverkades i denna studie negativt av markberedning. Resultatet var oväntat om det jämförs med resultaten i studierna av Kivinen m.fl. (2010), Roturier och Bergsten (2006) samt Horstkotte och Moen (2019) som alla generellt visar att markberedning som efterföljande åtgärd på hygget påverkar täckningsgraden av marklavar negativt, både kortsiktigt och långsiktigt. Markberedningsmetod är inte definierat vid Riksskogstaxeringens inventering och det är således inte definierat i denna studie heller. Markberedningsmetod skulle möjligen kunna ha en inverkan på resultatet i denna studie. Enligt Roturier och Bergsten (2006) påverkar även mildare markberedning täckningsgraden av marklavar negativt. Den möjliga markberedningsmetoden där det övre markskiktet blandas upp i en mix av organiskt material, mineraljord och lavfragment, skulle kunna vara ett alternativ till den idag vanligaste markberedningsmetoden, harvning (Roturier & Bergsten 2006).

4.3. Framtida studier

Om framtida studier utförs som ett fältförsök bör markberedningsmetod inkluderas och särskiljas som olika behandlingar då olika metoder har olika stor påverkan på bottenskiktet och dess arter (Roturier & Bergsten 2006; Eriksson & Raunistola 1990). Studier som vore givande för många intressenter i skogen är att undersöka graden av återhämtning av marklavar vid olika former av markberedning efter en längre tidsperiod. På så vis skulle det vara möjligt att utvärdera vilka metoder som långsiktigt är mer skonsamma för marklavar och således lämpar sig inom Norrlands renbetesområden. Kivinen m.fl (2010) menar att skogsbrand kan ha en positiv effekt på marklavar, vilket även det skulle vara givande att vidare studera. Kontrollerad bränning skulle möjligen kunna ersätta markberedning inom Norrlands renbetesområde.

Om en studie på markberedningens påverkan på marklavar skulle genomföras igen skulle en jämförelse mellan provytor på flera olika typer av lavmarker i olika landsdelar vara att föredra. Eftersom ståndortsegenskaper troligen är viktiga faktorer för täckningsgraden av marklavar skulle en mer strikt avgränsning i datamaterialet möjligen ge en mer korrekt uppskattning av markberedningens verkliga påverkan. Ytorna i denna studie täcker en tidsperiod av tio år och någon slutsats om effekter över en längre tid går således inte att dra utifrån dessa. Genom att använda datamaterial från provytor som inventerats fler gånger med längre tidsspann skulle studien troligen förbättras och fler slutsatser om långtidseffekter av slutavverkning och markberedning på marklavar skulle kunna dras.

Gallring är ännu en skogsbruksåtgärd som kan påverka marklavar. Gallring kan enligt Kivinen m.fl. (2010) ha en negativ påverkan på marklavar på grund av störningar som uppstår på marken orsakat av skogsmaskiner. Studier på skillnader i täckningsgrad av marklavar efter gallring på barmark respektive gallring utförd på snötäckt mark skulle kunna ligga till grund för hur gallringar bör utföras inom renbetesområden.

Beroende på vilka arter som dominerar i bottenskiktet förändras markprocesserna i skogen eftersom olika arter genererar förna med olika egenskaper (Nilsson & Wardle 2005). Som tidigare nämnt kan markberedning förändra vilka arter som dominerar i bottenskiktet. Långtidsstudier på hur markberedning påverkar markprocesser som nedbrytningshastighet, förekomst av mykorrhiza och kväve mineralisering är också av intresse att vidare genomföra för att utvärdera markberedningens påverkan på produktiviteten i skogen.

4.4. Slutsats

Många faktorer kan påverka förekomst och täckning av arter i botten- och fältskiktet. Både naturligt förekommande störningar som brand och antropogena störningar i form av skogsbruksåtgärder påverkar markprocesser och ändrar kompositionen av marklevande arter i svenska skogar (Kolari m.fl. 2006; Nilsson & Wardle 2005; Hedwall m.fl. 2013). Som tidigare studier visar är markvegetation en essentiell del av ett borealt skogsekosystem (Kolari m.fl. 2006; Eriksson & Raunistola 1990; Hedwall 2013) och konsekvenserna av att ersätta naturligt förekommande störningar med antropogena störningar av annan karaktär är således av intresse att utvärdera. Den generella trenden som tidigare studier visat på är en minskning av förekomst samt täckningsgrad av flertalet botten- och fältskiktsarter som en följd av skogsbruksåtgärder (Roturier & Bergsten 2006; Kivinen m.fl. 2010; Sandström m.fl. 2016). Denna studie ämnade att undersöka huruvida slutavverkning och markberedning var en bidragande faktor till denna minskning, specifikt för marklavar. I enlighet med tidigare studier visar denna studie att täckningen av flera marklavar påverkats negativt till följd av slutavverkning (Horstkotte & Moen 2019; Kivinen m.fl. 2010; Berg m.fl. 2008) och flera tidigare studier bekräftar att även markberedning leder till en minskning av marklavar (Roturier & Bergsten 2006; Kivinen m.fl. 2010; Berg m.fl. 2008). I större skala har detta lett till att stora områden som tidigare dominerats av lavar försvunnit (Sandström m.fl. 2016). Störningar i form av skogsbruksåtgärder kan, om de är för omfattande, innebära att skogsekosystemen uppnår ett nytt tillstånd som inte längre kan generera de ekosystemtjänster de tidigare kunnat. Om skogsbruk ska bedrivas i enlighet med miljömålet *Levande skogar* bör skogsbruksåtgärder på lavmarker

som slutavverkning, gallring och markberedning utförs så skonsamt som möjligt för att skapa förutsättningar för olika arter. Skonsamma skogsbruksåtgärder främjar troligen en mångfald av olika markvegetationstyper och bevarar därigenom skogsmarkens olika processer och användningsområden. På så vis upprätthålls mångfunktionella skogsekosystem och ett varierat skogslandskap vilket även på lång sikt leder till att skogens ekosystemtjänster vidmakthålls.

5. REFERENSER

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012)
Skogsskötselserien nr 1, Skogsskötselns grunder och samband.
Skogsstyrelsens förlag. Tillgänglig:
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-1-skogsskotselns-grunder-och-samband.pdf> [2020-03-09]
- Berg, A., Östlund, L., Moen, J., and Olofsson, J. 2008. A century of logging and forestry in a reindeer herding area in northern Sweden. *Forest Ecology and Management* 256: 10 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.003>
- Bergstedt, J., Hagner, M. & Milberg, P. (2008). Effects on vegetation composition of a modified forest harvesting and propagation method compared with clear-cutting, scarification and planting. *Applied vegetation science*, vol. 11, ss. 159–168 DOI: <http://doi.org/10.3170/2007-7-18343>
- De Grandpre, L. & Bergeron, Y. (1997). Diversity and stability of understory communities following disturbance in the southern boreal forest. *Journal of ecology*, vol. 85 (6), ss. 777–784 DOI: <https://doi.org/10.2307/2960601>
- Eriksson, O. & Raunistola, T. (1990). Impact of soil scarification on reindeer pastures. *Rangifer*, vol. 10 (3) Septentrio Academic Publishing. DOI: <https://doi.org/10.7557/2.10.3.837>
- Hedwall, P., Brunet, J., Nordin, A. & Bergh, J. (2013). Changes in the abundance of keystone forest floor species in response to changes of forest structure. *Journal of Vegetation Science*, vol. 24 (2), ss. 296–306 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01457.x>
- Heggeberget, M.T., Gaare, E. & Ball, J. P. (2002). Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. *Rangifer*, vol. 22 (1) Septentrio Academic Publishing. DOI: <https://doi.org/10.7557/2.22.1.388>

- Horstkotte, T. & Moen, J. (2019). Successional pathways of terrestrial lichens in changing Swedish boreal forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 453 Elsevier B.V. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117572>
- Kivinen, S., Moen, J., Berg, A. & Eriksson, Å. (2010). Effects of Modern Forest Management on Winter Grazing Resources for Reindeer in Sweden. *Ambio*, vol. 39 (4), ss. 269–278 Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0044-1>
- Kolari, P., Pumpanen, J., Kulmala, L., Ilvesniemi, H., Nikinmaa, E., Gronholm, T. & Hari, P. (2006). Forest floor vegetation plays an important role in photosynthetic production of boreal forests. *Forest ecology and management*, vol. 221, ss. 241–248 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.021>
- Lafleur, B., Zouaoui, S., Fenton, N.J., Drapeau, P. & Bergeron, Y. (2016). Short-term response of Cladonia lichen communities to logging and fire in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 372, ss. 44–52 Elsevier B.V. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.007>
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C. (2014). Skogsskötselserien nr 20, Slutavverkning. Skogsstyrelsens förlag. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf> [2020-04-06]
- Magnusson, T. (2015) Skogsskötselserien nr 13, Skogsbruk - mark och vatten. Skogsstyrelsens förlag. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-13-skogsbruk-mark-och-vatten.pdf> [2020-04-06]
- Nilsson, P. & Cory, N. (2011). *Skogsdata 2011*. Umeå: Johan Fransson, Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: https://pub.epsilon.slu.se/8333/1/Skogsdata2011_webb.pdf
- Nilsson, M-C. & Wardle, D.A. (2005). Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 3 (8), ss. 421–428 Ecological Society of America. DOI: <https://doi.org/10.2307/3868658>
- Roturier, S. & Bergsten, U. (2006). Influence of soil scarification on reindeer foraging and damage to planted *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian*

Journal of Forest Research, vol. 21 (3), ss. 209–220 Taylor & Francis Group. DOI: <https://doi.org/10.1080/02827580600759441>

Sandström, P., Cory, N., Svensson, J., Hedenås, H., Jougda, L. & Borchert, N. (2016). On the decline of ground lichen forests in the Swedish boreal landscape: Implications for reindeer husbandry and sustainable forest management. *Ambio*, vol. 45 (4), ss. 415–429 Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0759-0>

Sandström, C. , Moen, J. , Widmark, C. & Danell, Ö. (2006) Progressing toward co-management through collaborative learning: forestry and reindeer husbandry in dialogue, *The International Journal of Biodiversity Science and Management*, 2:4, ss. 326-333, DOI: <https://doi.org/10.1080/17451590609618153>

SFS 1993:553. *Förord*. Stockholm: Näringsdepartementet

Skogsstyrelsen (2019). *Skogsstyrelsen följer upp Levande skogar*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/miljomal/levande-skogar/> [2020-03-09]

SLU. (2019a). Skogsdata 2019. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. ISSN: 0280-0543. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2019_webb.pdf

SLU (2019b). *Fältinstruktion 2019 RIS Riksinventeringen av skog*. SLU, institutionen för skoglig resurshushållning och institutionen för mark och miljö. [Online] Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/mi/ris_fin_2019.pdf?fbclid=IwAR1p3f51KuVnw1-Ql2k55U5hwCN5LBACVjUuljTcfOJKt03XOL050567qLY [2020-03-09].

Steijlen, I., Nilsson, M.C. & Zackrisson, O. (1995). Seed regeneration of Scots pine in boreal forest stands dominated by lichen and feather moss. *Canadian journal of forest research*, (5), ss. 713–723 DOI: <https://doi.org/10.1139/x95-079>

Zackrisson, O. (1977). Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest. *Oikos*, vol. 29 (1), ss. 22–32 Munksgaard International Booksellers and Publishers. DOI: <https://doi.org/10.2307/3543289>

Zackrisson, O., Nilsson, M.-C., Jaederlund, A. & Wardle, D.A. (1999).
Nutritional effects of seed fall during mast years in boreal forest. *Oikos*,
(1), ss. 17–26 DOI: <https://doi.org/10.2307/3546862>